

# ALTEC ENGINEERING NOTES

TECHNICAL LETTER 214A-E2

## サウンド リンフォースメント(SR)システムにおける 遅延装置について

C. フォアマン

好い結果が得られたSRシステムを設計したり設置できた場合、我々の様な立場にある人間にとって、最終的な出来栄に非常に深い自己満足を感じることもある。最終的にスイッチをオンし、システムが正常に動作することを確認し、明解で自然なサウンドがノイズもなく再現されるなら、丁度音楽の指揮者が完璧な演奏を成しとげた時や画家が自分の作品の展示会で感動したりすることを他人に伝える事ができないと同様に、その時我々が感じた事を他人に伝えることは不可能である。この満足感は、恒久的な教会用SRシステムばかりでなく、移動コンサート用のSRシステムからも得られる。

画家ですら、キャンバスや絵筆を選び絵具の混ぜ方を完全にマスターした時にその技が向上するものなので、我々SRシステム設計者もまた、SRシステムにおける遅延装置の使用方法を十分理解する必要があるし、同時に使用するスピーカーシステムや遅延装置の撰択方法およびシステム設計全体を洗練させる装置の利用方法も理解すべきである。

### 心理的音響学および建築学的な効果について

通常我々が聞くことができるサウンドは、近くの壁や他の表面からの反射音が多く、まれに音源そのものから直接聞く機会もある。しかし大部分は反射音と考えて良い。その反射が非常に狭い範囲で生じているなら“リバーブ”と呼ばれる混声音となる。もしも音源からの直接音と第1次反射音との時間差或いは2点間の反射音の時間差が30ミリ秒以上ある時には、第2次音はサウンドに悪影響をおよぼす。この効果を“マスキング効果”と呼ぶ。

### 明瞭度

音楽において、良くコントロールされたエコーやリバーブはより音楽の楽しさを増すものである。スピーチの場合、原音より30ミリ秒以上遅れたエコーは望ましくなく、たとえ60ミリ秒(またはそれ以上)遅れたエコーを感知できないとしても、やはり30ミリ秒遅れたエコーによって原音の明瞭度は損なわれる。エコーによって、今現在何が語られているかを理解する能力に

マイナスが生じる。エコーの影響を受ける場合、サウンドの明瞭度は各エコー間の時間差や、音源と比較した時のエコーのSPLとの関係やその他種々の要素によって左右される。この関係については“子音の発音ロス”<sup>(1)</sup>という概念を発展させた PEUTZ と KLEIN の研究が詳しい。彼等は既知の音響的な変数を使って、室内で不規則に話されている言語を理解している不規則なグループの数を予想するという公式を完成させた。これらの変数には、部屋のリバーブタイムやスピーカークラスターのQ\*が含まれる。以下の公式ではALconsは子音の発音ロスを%で、RT<sub>60</sub>は部屋のリバーブタイムを秒で、D<sub>2</sub>はスピーカークラスターから最も遠いリスナー迄の距離をフィートで、Vは部屋の容積を立方フィートで、QはスピーカークラスターのQを示している。

$$ALcons \text{ in } \% = \frac{641.81 (D_2)^2 (RT_{60})^2}{V Q}$$

一般にこの公式は、測定されたRT<sub>60</sub>が1.6秒かそれ以上の値が得られる室内で最も良くあてはまることが知られている。この公式は、人間の行動を予測する公式の一つとしてなおざりにすべきではなく、有益な公式として大いに活用すべきである。実際のサウンドの明瞭度は以下の事柄によっても左右される。

- 1) 講演者の素質：プロの様にスピーチできる人は、明確に発音できるし、部屋の音響特性に合わせたペースでスピーチできる。
- 2) リスナー側の本質：講演に関心のある人と同じ位、無関心なリスナーがいるものである。また実際の所、老人は若者ほど聴きとる能力が高くない。
- 3) スピーチレベルとノイズ：ノイズはスピーチを聞いたり理解する能力に影響をおよぼす。明瞭度のために要求される

※ Qはスピーカーまたはスピーカークラスターからの軸上でのSPLと、スピーカー自身が自己のエネルギーを無指向的に放射したと仮定した場合に得られるSPLとの比率で示される。この様にQはスピーカーの指向性を示す単位であり、スピーカー自身の拡散度をコントロールする能力であるとも言える。ちなみに会話中の人間は、Qが2ないし2.5の値をもつスピーカーであると考えられる。

S/N 比は、スピーチとノイズレベルとの関係と同じく、絶対的なスピーチのレベルにもかかわっている。

- 4) 使用されているSRシステムのF特と歪率
- 5) その他

### 自然性

エコーとリバーブは、スピーチに対する理解度に影響するばかりでなく、サウンドを聞き取る際の自然さにも関係してくる。このことは特に拡声音についてあてはまる。スピーカークラスターが天井にある部屋で、最前列に座った場合、リスナーはクラスターからのサウンドと講演者からの直接音を聞くことになる。その際リスナーの位置が、クラスターよりも講演者に近いと仮定すると、リスナーにはまず講演者からのサウンドが最初に聞こえ、次にスピーカークラスターからのサウンドが聞こえることになる。そしてたとえクラスターからのサウンドが講演者からの直接音よりも大きい場合でも、リスナーには全部講演者からの直接音の様に聞こえてしまうものである。

この心理的な音響現象については、“Haas 効果”として知られている。前述の例の様に同一のサウンドが異なる音源から放射される場合、そしてそれらのサウンドがほんの僅かな時間差でもってリスナーの耳に達する時には、頭脳と耳でもって最初に聞いた音源を見かけ上として唯一の音源であると判断するものである。つまり先の例では、講演者からの直接音をきき、続いてクラスターからのサウンドを聞く為、講演者を見かけ上として唯一の音源とみなしてしまうのである。

この“Haas 効果”は、耳に達する各サウンド間の時間差に関わっており、具体的には5ミリ秒以上30ミリ秒以下であるべきである。この“Haas 効果”はまた、各サウンド間のレベルの差によっても左右される。リスナーが最初に聞くサウンドの SPL がほんの 10dB であっても、そして第2次音の SPL よりも低い時であっても、リスナーの頭脳は最初のサウンドを見かけ上の音源と見なす。言葉をかえて言うならば、リスナーは最初のサウンドにいかにか集中しているかを示す証しであるとも言えよう。

## これらの心理的音響効果をSRシステムに応用する方法

### 自然性

遅延装置の使用により、我々は多くのSRシステムのサウンドをより一層自然に近いものにする時に、この“Haas 効果”を応用できる。先の例では、リスナーは最前列に座っていたが、もっと部屋の後方へ移動すれば、クラスターからの距離と講演者からの距離とが等しくなる。こんな場合には、当然ながら両方からのサウンドが同時に到達するが、通常講演者からの直接音よりもクラスターからのサウンドの方が大きい為、おそらくリスナーはスピーカークラスターを見かけ上の音源とみなすだろう。これはサウンドの自然さを何となく損なうものである。こんな時には、遅延装置を使ってクラスターからのサウンドを遅らせる事により錯覚を正して、サウンドが講演者から来ていると思わせることが可能である。ディレイタイムは、部屋の中程から後方に座っているリスナーに不自然さを感じさせない位十分長く、かつ逆に前方に座っているリスナーに明確なエコーやマスクング効果を感じさせるほど長すぎではない。

例題としては、先の例は一般的ではない。ほとんどのケースでは、クラスターからのサウンドが直接音よりも大きい為、遅延装置を使っても、音源を講演者に集中させるという点では、ほとんど効果を上げることはないからである。加えて我々の耳は頭部両サイドに位置しているの、音源を上下に定位させるよりも左右に定位させる方が楽である。従って講演者の頭上に設置してあるクラスターからのサウンドは、遅延装置を使う迄もなく講演者からの直接音であるかの様に錯覚させることが可能である。にもかかわらず遅延装置の使用は、システム全体の自然さを改善することができる。後述するいくつかの応用例を図で示す。

### 明瞭度

我々は、SRシステムの明瞭度を改善する為にも遅延装置を使用する。SRシステムのシステムデザイン<sup>(2)(3)</sup>を行なう標準的な方法は、通常“臨界距離”または“Dc”として知られている事柄と関係している。Dc は直接音とリバーブ音のレベルが等しいスピーカークラスターからの距離で、Dc は部屋のサイズやリバーブタイムに関するファクターつまり“ROOM CONSTANT”と呼ばれる要素と、スピーカークラスターのQの値に左右される。講演者が何を話しているかを理解するには、スピーカークラスターから4Dc以内の範囲にリスナーは居るべきである。このクラスターをデザインする際の原則は、前述のALconsの公式から導き出される。リスナーがクラスターから約4Dc\*以内に居る時には、心地良いALconsを経験できる。部屋の後方に位置するリスナーにこの基準を満たすだけのスピーカークラスターをデザインする方法がない時には、室内に第2のクラスターを設置する必要がある。その時には(図1)、第2のクラスターに遅延装置を使用しなければならない。後方に位置するリスナーは、遅延装置を使用していない時には、第2のクラスターからのサウンドをまず聞いて、暫くたってから第1のクラスターからのサウンドを聞くことになる。通常各クラスター間の距離はリスナーにとって明確なエコーとして感じられる位の距離があり、このエコーはサウンドの明瞭度を損なってしまう。遅延装置の使用により、第2のクラスターからのサウンドを遅らせ、リスナーL1の耳に第1のクラスターからのサウンドが到達すると同時に届く様にすることができ、結果的に明瞭度が改善される。リスナーL1にとって第1のクラスターからのサウンドがレベル的に低く明瞭度も劣るものであるならば、第2のクラスターに遅延装置を使用しない限り第2のクラスターのサウンドを劣化させてしまう。

明瞭度を維持するに足りるだけ最少限のディレイを第2のクラスターにかける事によって、サウンド全体の自然さを改善できる。このケースでは、第1のクラスターからのサウンドがリスナーL1の耳に、第2のクラスターからのサウンドが到達するほんの少し前に到着するので、“Haas 効果”が生じ、リスナーL1は第1のクラスターを見かけ上の音源と見なし自然さが保たれる。

### 計算

前述の例の様な場合に、第2のクラスターにどれ位のディレイをかけるべきか、正確に計算する必要がある。さらにリスナーL1が第1のクラスターを音源と見なし、また自然さを感じる

\*多くのシステムデザイナーは、3.16Dcを推奨している。

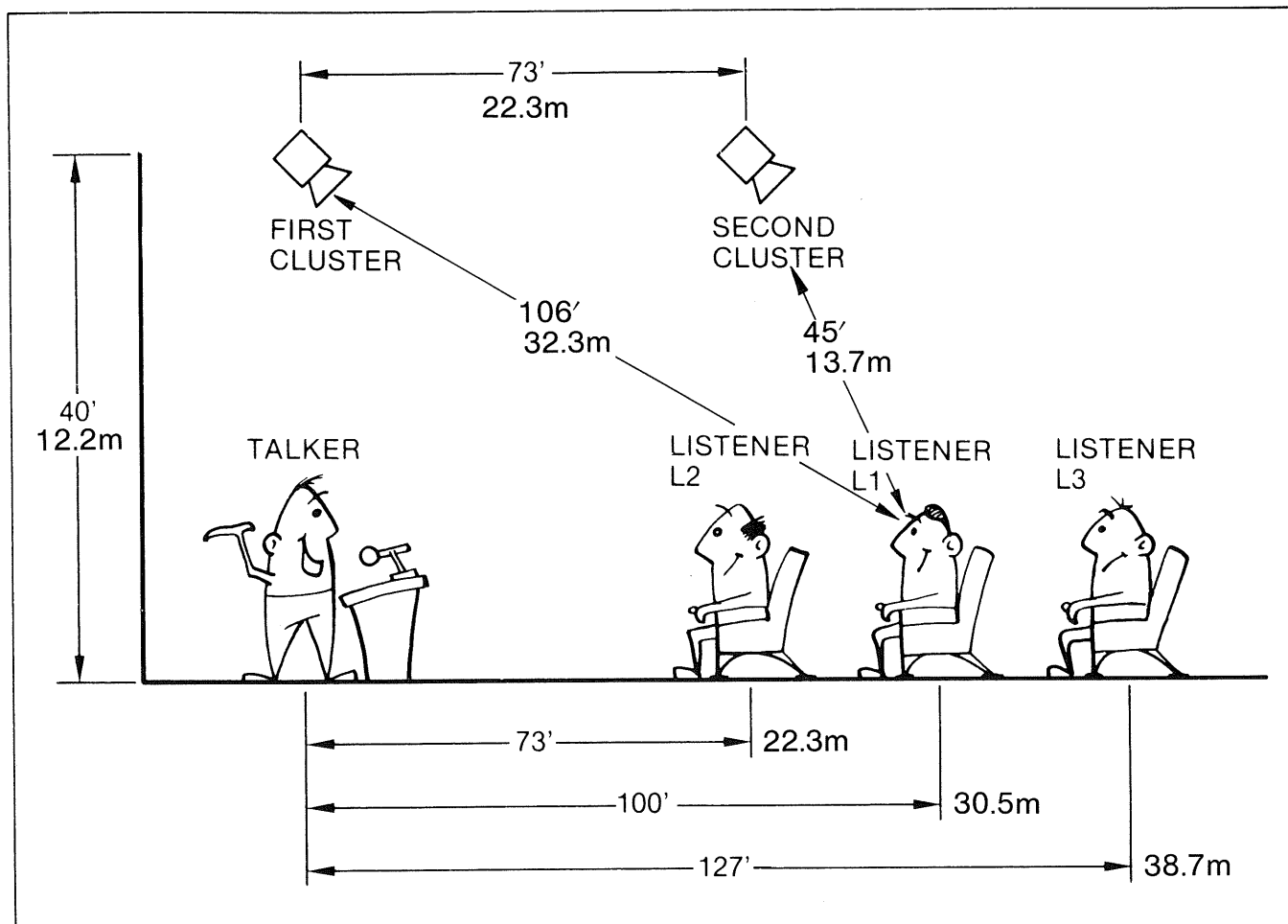


図 1

には余分に加えるディレイがどれ位であるかも知らなければならない。音速は1秒当り約1130フィート(344.4m)(68°F-20°C、湿度20%)である。つまり1ミリ秒当り約1.13フィート、逆に言えば1フィート(0.3048m)進むのに0.885ミリ秒かかることになる。通常、大雑把に空気中の音速は1ミリ秒で1フィートと言っているが、この近似値はほとんどの場合にあてはまり、我々も1.13フィート(0.34m)/ミリ秒、0.885ミリ秒/フィートの値を計算上では使用している。

先の例題で、リスナーL1に2つのクラスターから同時にサウンドが到着する為に必要なディレイタイムを計算できる。まず初めにリスナーL1とそれぞれのクラスター迄の距離を測定する。するとL1と第1のクラスター間は106フィート(32.3m)、そして第2のクラスター迄は45フィート(13.7m)と判明する。差し引き61フィート(18.6m)の差がある。音は61フィート(18.6m)進むのに54ミリ秒要するので、第2のクラスターに54ミリ秒のディレイをかければ良い事になる。この事は以下の式で示される。

$$\text{所要ディレイタイム} = 0.885 \text{ ミリ秒/1フィート} \times 61 \text{ フィート} \\ (\text{ミリ秒})$$

$$\text{答} = 54 \text{ ミリ秒}$$

自然さを助長させる目的で、必要なディレイタイムに余分に5~15ミリ秒のディレイを加える事も有効である。この余分に加えるべきディレイタイムの正確な値は、システムとか部屋によ

って異なるので、それぞれのシステムに応じて試行錯誤でトライすべきである。時には、加えるべきディレイタイムが、遅延装置で増すことのできる1ステップ上のディレイタイムと偶然一致することもある。

他のリスナーの明瞭度を低下させない為にも、あるリスナーへの明瞭度を改善する際には、いくつかの異なるリスナーポジションを想定して計算する必要がある。上記の例の第2クラスターの真下に位置するリスナーL2、部屋の一番奥にいるリスナーL3が、第2クラスターに加えられ、トータルディレイタイムが60ミリ秒になると仮定してみると、リスナーL3は第1のクラスターからのサウンドを聞いた後0.62ミリ秒たってから第2のクラスターからのサウンドを聞くことになる。この場合には、リスナーL3には明瞭度に関して何ら問題が生じることなく、第1のクラスターを見かけ上の音源と見なすだろう。リスナーL2は、第1のクラスターからのサウンドを聞いてから、20ミリ秒遅れて第2のクラスターからのサウンドを聞いている。これはタイムディレイという観点から見ると、リスナーL2は現実に近い状態といえる。

この例題を通じて、最初のディレイタイムはケースバイケースで計算することが重要である。しばしばスピーチSRシステムをデザインするにあたって、明瞭度と自然さを両立させるには矛盾が生じることがあるが、こんな時には明瞭度の方を優先させた方がよい。何故ならほとんどの顧客は、どんな事が語られ

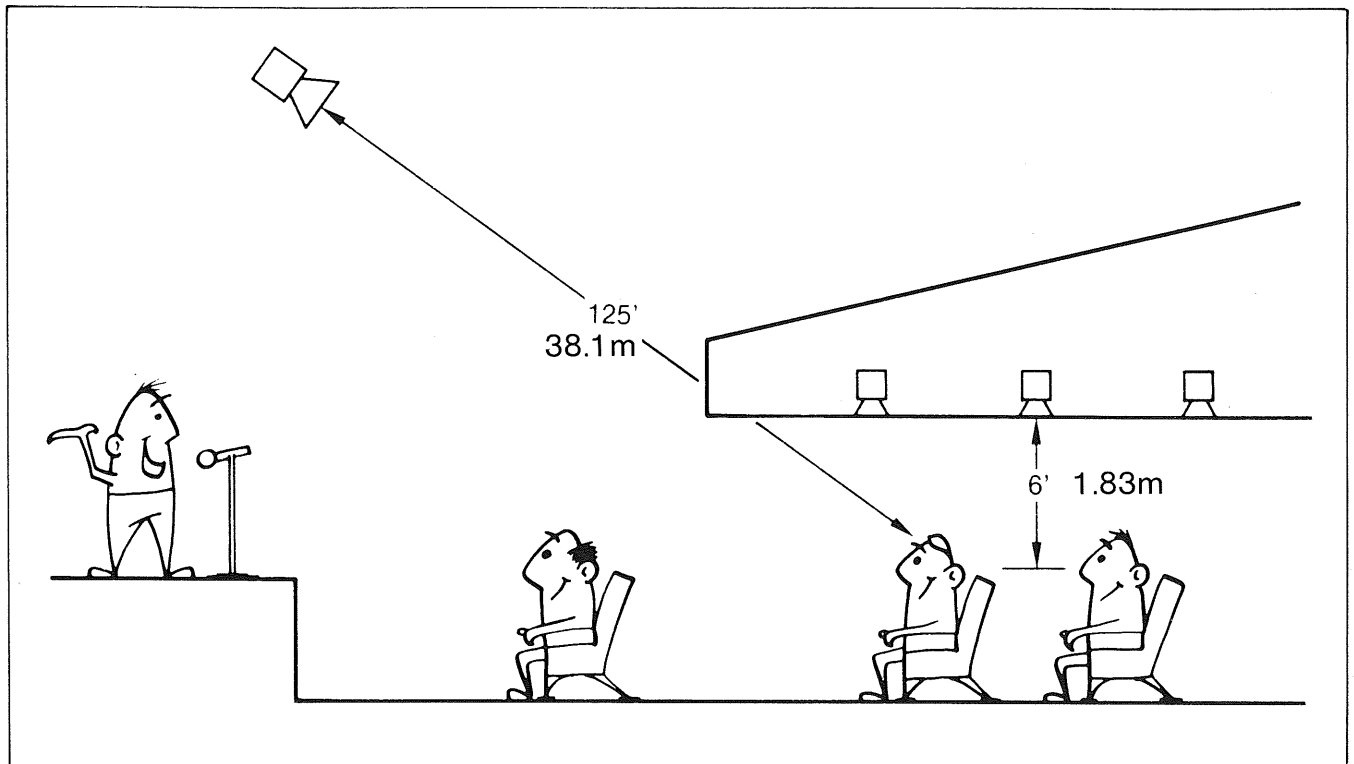


図 2

ているかが理解できる方を喜ぶものだからである。

## 遅延装置を使った応用例

### 例 2) 中央クラスターシステムとバルコニー埋め込みスピーカーの場合(図 2)

システムを選択にあたってまず最初になすべき事は、中央クラスターシステムについてである。中央クラスターが見かけ上の音源になり、加えてこのシステムの方がコラムスピーカーや天井埋め込みの拡散型スピーカーなどに較べて、忠実度において優れている。しかし実際にはスピーカーの選択に際し、その他の種々の要素がからみあってくるものである。次の例では、スピーカーシステムを選択には既に注意深い決定がされているものと仮定して、遅延装置を使うべきかどうか、またディレイタイムをどれ位かけるのか、或いはどの様に目的に合わせて応用すれば良いのかについて専念してみよう。

このシステムでは、中央クラスターからのサウンドは、バルコニーの下にいるリスナーに到達しない。これらのリスナーは、拡散スピーカーがカバーしている。バルコニー埋め込みの拡散スピーカーが働いていて、中央クラスターからのサウンドを聞く事も理解する事もできないとは言え、やはり中央クラスターからは何らかの意味で影響を受けている。こんな時には、バルコニー埋め込みのスピーカーにディレイをかければ良く、そうしなければこの位置のリスナーは、まずバルコニー埋め込みのスピーカーからのサウンドを聞きその後中央クラスターからのサウンドを聞くことになってしまう。

中央クラスターは、バルコニー埋め込みスピーカーよりも119フィート(36.3m)遠くに位置している。従ってリスナーは、バルコニー埋め込みスピーカーからの音を聞いた後、105ミリ秒遅れて中央クラスターからのサウンドを聞くことになる。この値は30ミリ秒よりも大きい為マスキング効果が生じ、明瞭度を維持するには遅延装置の使用が必要となる。このシステムでは、望まぬエコーを排除するのに105ミリ秒のディレイをかけ、更に付加ディレイを15ミリ秒としてトータルのディレイタイムを120ミリ秒とした。これでバルコニー下のリスナーも明瞭なサウンドを聞くことができ、中央クラスターを音源と見なすことができるようになる。

### 例 3) 分散クラスターを使った野外コンサートシステム(図 3)

このシステムは、典型的なロックのコンサートシステムや、より小さな規模の例えば学校の卒業式やその他のシステムに応用できる。この分散クラスターシステムは、中央クラスターが全てのリスニングエリアをカバーするには、莫大な規模になってしまう様な時に有効である。リバーブタイムが極端に長く、従来の分散スピーカーシステムが設置できない様な室内高を有する屋内システムにも、分散クラスターシステムは十分な明瞭度を保ったまま室内全体をカバーできる。また美的な観点から大規模な中央クラスターの設置が認められない時に、小規模な分散クラスターを多数使用することにより好結果が得られる。しかし中央クラスターの設置よりも、分散クラスターの方がコスト的に割高になることは避けられない。

このシステムでは、分散クラスターは自転車の車輪のスポークの様に、ステージから等距離に位置される。従って各クラスターには同一のディレイタイムをかければ良く、このシステムで

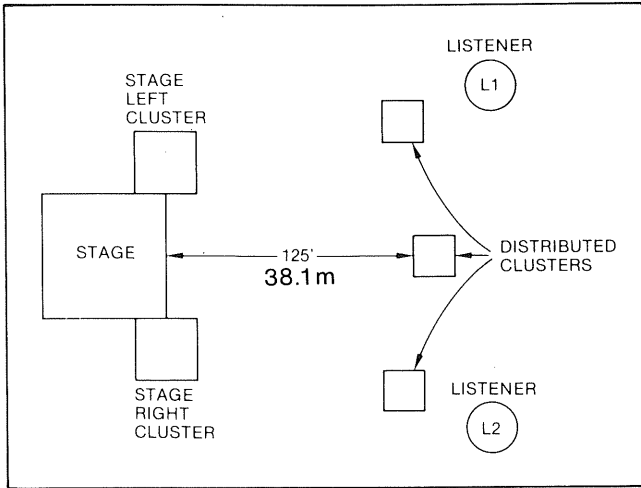


図 3

は、エコーを排除し明瞭度を維持するのに111ミリ秒、更に自然さの維持に9ミリ秒と決定し合計120ミリ秒のディレイをかけた。ディレイをかけた後でも、リスナーL1の場合、まずステージ左側のクラスターからのサウンドを聞き、続いてステージ右側のクラスターからのサウンドを聞き、最後に身近の分散クラスターからのサウンドを聞くことになる。その際ステージ左右のクラスター間のサウンドの時間差が30ミリ秒以上あるようならリスナーL1にはマスキング効果を感じられる。これを防ぐ為ステージ左側のクラスターにディレイをかける事もできるが、反対側の位置にいるリスナーL2にとって同じ問題がより深刻な形で生じてしまう。これはコンサートシステムで左右クラスター間の距離がある様な時には問題となる。一つの解決方法はステージ左右のクラスター間の距離を30フィート(9.1m)以下に押える事である。こうすれば、どんなポジションにいるリスナーにも最少限の時間差しか感じられずにすむ。実際に30フィート(9.1m)という距離は、ほとんどありえないが、左右クラスター間の距離を最低限に押えることは重要である。

**例 4)**  
**遅延装置を使った天井埋め込み型分散システム (図 4)**

このシステムでは、サービスエリアを講演者を中心としたドーナツ状に区切って考えると良い。サービスエリア各区間の距離は、20~30フィート(6.1~9.1m)間隔位で、各区間毎にそれぞれ20~30ミリ秒のディレイをかければ良い。各エリア毎に必要なディレイタイムを計算し、それに自然さを維持する為に5~15ミリ秒を加える。最後に前面集中用スピーカーを設置する。そしてこのスピーカーを講演者の近くに設置できれば、講演者を音源と見なし安くなる。

ディレイをかけるべき最初の区域は、ステージから40フィート(12.2m)離れた区域からである。このポイントでは、天井埋め込みスピーカーとリスナー間は6フィート(1.8m)である。従ってリスナーは遅延装置がない時には、音源からのサウンドを聞く30ミリ秒前に天井からのサウンドを聞いてしまい、天井のスピーカーを見かけ上の音源とみなしてしまう。そこで30ミリ秒のディレイをかけてみよう。すると元々のオリジナルのサウンド間に存在した時間差が解消され、さらに10ミリ秒のディレイ

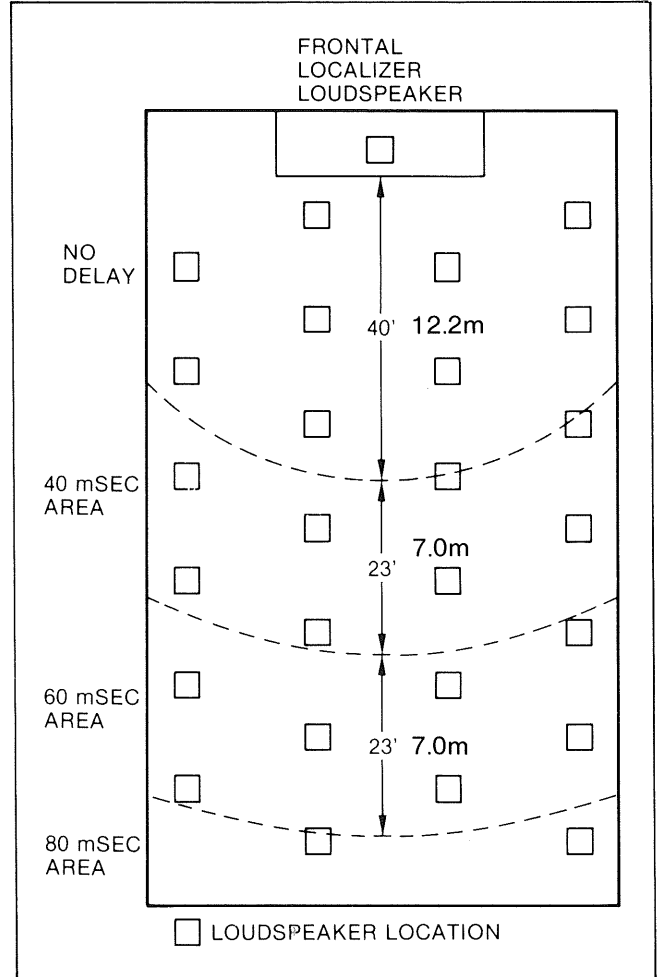


図 4

を加えれば、見かけ上の音源が講演者の方へ移行する。

次にディレイをかける区域は、最初の区域から23フィート(7.0m)(約20ミリ秒遅れ)の地点である。この区域を30フィート(9.1m)離れた区域にして、適当なディレイをかけることも可能であるが、今回のケースでは第2の区域に位置するリスナーは、まず頭上のスピーカーからのサウンドを聞き、次にレベル的には弱いものの第1のエリア上に埋め込まれたスピーカーからのサウンドを聞くことになる。その間の時間差が30ミリ秒以上あるなら、ここでも望まぬマスキング効果が発生する。逆にこの効果が生じない様に、間隔を20フィート(6.1m)以下にすることもできるが、結果的に区分けされた区域が多くなり、それに伴ってパワーアンプの必要量も多くなる。結論から言えば、20~30フィート(6.1~9.1m)の間に距離を決定するのが最適である。

**例 5)**  
**分散コラムスピーカーシステム (図 5)**

美的な観点から、中央クラスターや分散クラスターの設置が嫌がられる教会などや、室内に突き出た柱によって中央クラスターからのサウンドが邪魔される様な時に、この分散コラムスピーカーシステムが良く使われる。このシステムは、前方集中スピーカーを生かすという面でも優れている。

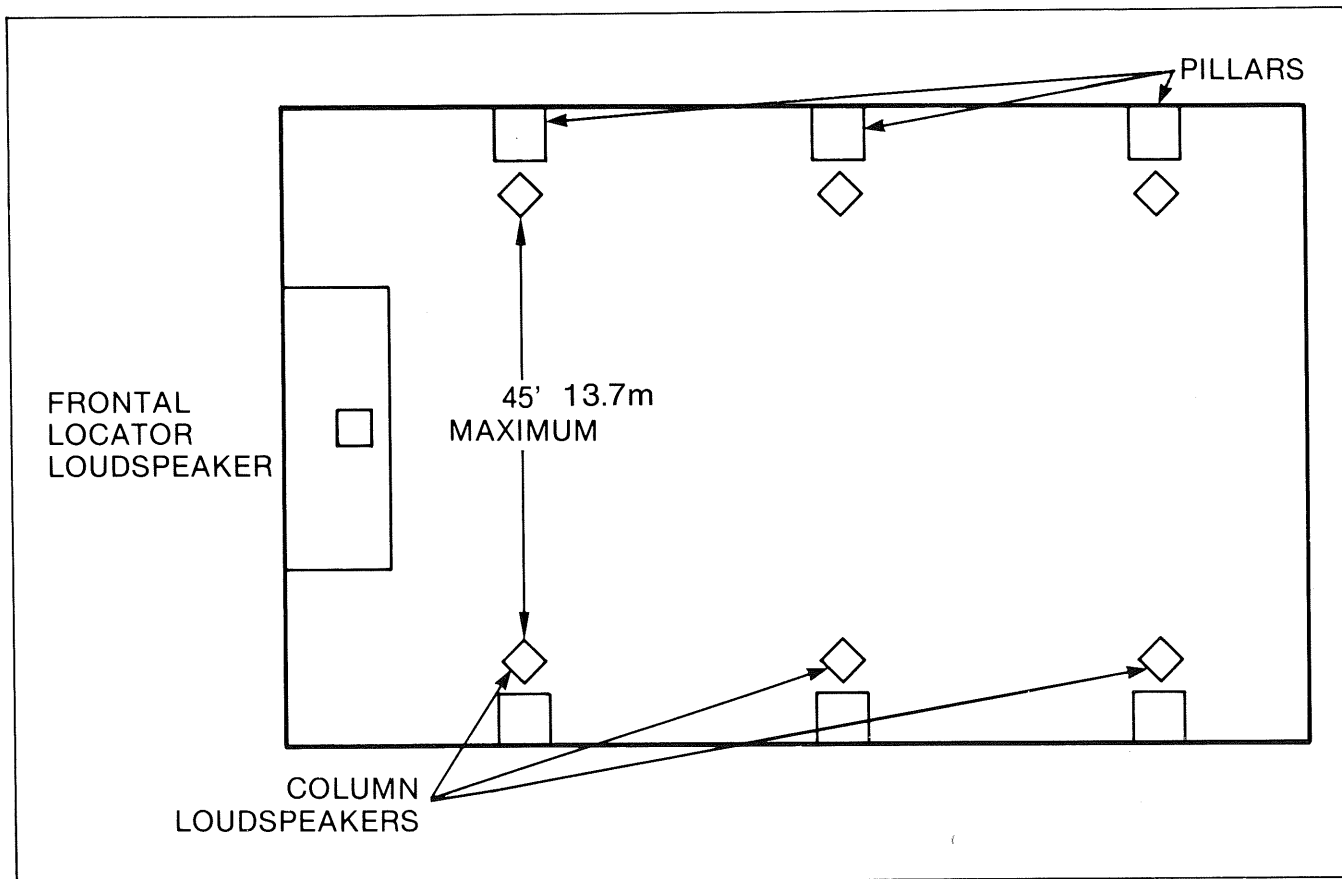


図 5

分散コラムシステムのタイムディレイをデザインする時には、分散天井埋め込システムが参考になる。ほとんどの場合、室内に突き出ている柱にコラムスピーカを取付ける。部屋の中央に位置するリスナーは、同時に最低でも2つのコラムからのサウンドを聞くことになる。またリスナーがステージに向かって中央に位置していない限り、ステージ左右から来るサウンド間には位相のキャンセル効果が生じる。同様な問題は、どんな形式の分散クラスターシステムでも発生するし、「ステージ両サイドにそれぞれコラムを1個ずつ設置する」システムが応々にして明瞭度を欠くのは、このせいである。この問題を最少限に押えるには、左右コラム間の間隔を45フィート(13.7m)以下にすべきであるし、それ以上になる時には、次に述べる「座席据え付けシステム」等が考慮されるべきである。

### 例6) 座席据え付けシステム

このシステムは原則的に、非常に規模が大きく、残響時間も長く収容人員も多い教会などで使われる。システムデザインが正しくなされればスピーチSRシステムとして非常に有効である。しかし大量のスピーカとそれに伴う大量のアンプを必要とする為、必然的に大幅なコストアップを招く。

このシステムでは、普通2~3人に1台ずつスピーカを設置するが、位置的には座席の後ろ側に据え付け、次の座席に座るリスナーと向かい合う形をとる。この場合天井埋め込みシステムのシステムデザインが応用できる。1つのタイムディレイ区域の一番前にいるリスナーにとって、先行する区域との時間差

がほんの座席1列分しかないことに注目して欲しい。つまりリスナーは目の前のスピーカからのサウンドを聞いた後、ほんの数ミリ秒後に他のスピーカからのサウンドを聞くわけである。この様に時間差が非常に少ないので、天井埋め込システムの場合と違い、かけるべきディレイタイムも少な目にすることが賢明である。加えるべきディレイタイムも座席にして3列目毎に増加させれば良い。

### 他の音響装置への遅延装置の応用

遅延装置の他の音響施設への応用を考慮すべきである。

- (1) 遅延装置は、レコーディングスタジオやコンサートなどで広く使用されており、1977年6月号「RECORDING ENGINEER/PRODUCER」誌でのC.モアの<sup>(4)</sup>記事が非常に参考になる。
- (2) ある種のオーディオマニアは、リスニングルームのルームアコースティックの改善に特殊な遅延装置を使用している。その際は、通常F特に制限を加えたり、複数の出力を持たせたりしている。それぞれの出力には、別々のパワーアンプとスピーカが繋がれ、リスニングルームをより大きく感じさせる様な効果を狙っている。
- (3) 遅延装置は、レコーディングスタジオやルームアコースティックを可変させるシステムなどに於て、残響機器として使用される。
- (4) 遅延装置は、音響測定にも使用される。B & K社では、無

響室でパルス信号を測定スピーカーに加え、マイクロホンからディレイとゲートのかかった信号を取り出すことによりそのスピーカーのレスポンスを測定するシステムを完成させている。加えて Cecil Cable<sup>®</sup> は、遅延装置と他の機器を一緒に使ってルームアコースティックを研究する方法をまとめている。

## S R システムに於ける遅延装置の選び方

遅延装置には、アナログとデジタルの2つのタイプがあり、コスト的に割安なアナログタイプは、F特やDレンジにそれ程うるさくない音楽的な効果を狙う場合に用いられるし、デジタルタイプは、そういった特性にシビアなレコーディングスタジオとかSRシステムで用いられる。

デジタルタイプの遅延装置の設計にあたっては様々な方法が考えられるが、最も一般的な方法は、入力時にAD変換を出力時にDA変換を行なう方法である。中間にはランダムアクセスメモリーを使いプロセスロジックも必要である。このタイプは優れたパフォーマンスと多機能性が可能ではあるが、コスト的には高くなる。ALTEC では1660/1661がこのタイプに属する。

その他の方法では、ALTEC の1640/1641で採用されたもので、ディレイラインとして“シフトレジスター”を、入出力に“デルタモジュレーター”を使う方式がある。この方式は、DA/A/D方式に比べ、DレンジとF特の面で多少劣るがコスト面では安上がりである。

この他にもデジタル遅延装置には色々な方式があるが、それぞれに長所短所があり、最初からデジタル方式を選ぶよりも、特徴や機能性やパフォーマンスおよび予算に合わせて選択すべきである。

### 特徴

SRシステムでは、主に音楽的な効果用に用いられる遅延装置のもつ特長は、必要でない事が多い。例えばディレイタイムが連続可変できる事などは、SRシステムでは望ましくなく、それよりも出力が1個或いは複数個であっても、精密なステップ式で遅延時間が得られるものの方がベターである。他にも、出力の信号を入力へフィードバックさせてリバーブに似た効果が得られるものもあるが、こんな事もSRシステムでは必要ない。

上記の様な特長よりも、SRシステムではもっと必要とされる機能がある。例えば、複数の出力を持ちそれぞれが独立してディレイタイムを選択できることなどである。コスト的に安くする為に、各出力のディレイタイムが固定化されていても、各出力のディレイタイムが段階的に増加する形式でも良いのである。ディレイタイムの選択ができると言っても、ディレイタイムを大幅に増やすか小幅に増やすかということであって、ほとんどの場合は小幅に増やす方が都合が良く、大幅に増やす場合はコスト的に高くつくものである。

SRシステムでは、バランスまたはフローティングの入出力がシールドや接地の面で望ましい。システムの中で異なるポイントで使われたり、メーカーが違うその他の機器と一緒に使用されたりする遅延装置にとって、入出力のゲインとレベルのマッチングは、非常に有益である。コスト的に安く押えるには、入出力がバランスかつ固定ゲインであり、レベル的には通常のラインレベルで固定されていればそれでも良い。

トータルディレイタイムの可変についても考慮すべきである。ある種のディレイユニットでは選択可能な出力にそれぞれ固定されたディレイタイムを持っている。他の種類では、トータルのディレイタイムを増加させる為にプラグインタイプのメモリーを使っている。このメモリーがオブション・アクセサリとして使えるなら、将来の遅延装置の拡充に際し、当初のコストを下げる結果となる。また別の種類の遅延装置では、各ユニットを結合しているし、その結合がデジタルの段階で行なわれている為、外部ディレイとして加えられても、サウンドのクオリティの劣化は生じない。この方法以外で2つのディレイが結合されたなら、そこには明らかにサウンドのクオリティの劣化が見受けられることになる。

遅延装置に関して、特長が有るか無いかということがクオリティの高さを示すのではなく、コスト面に関わり合っている事を忘れてはならない。従って遅延装置の選択に際しては、システムデザイン上の必要性と予算面の両方から考慮されるべきである。

### パフォーマンス

デジタル遅延装置のパフォーマンススペックについては、他の機器のスペックを読む場合と同じ事があてはまる。唯一つの例外は、デジタル遅延装置のDレンジに関するスペックである。このDレンジは、ほとんどの場合S/N比と関連して説明ができる。

デジタル遅延装置内部で発生するノイズやディストーションは、ミキサーやイコライザーの様なアナログ仕様の機器から発生するものとは異なっている。他にデジタルタイプの限界としては、アナログタイプでは見られない高い周波数に於けるヘッドルームが挙げられる。この様に、あるデジタル遅延装置の特長の一つをもって他のデジタル遅延装置との比較はできるが、同じことをアナログ遅延装置との間で試みてはならない。もしもデジタル遅延装置のサウンドに詳しくないなら、購入する前に各種の遅延装置を聞き比べる事である。その場合公平を期す為には、インピーダンスとレベルに関しては注意深くマッチングをとる必要がある。もっともその為に“オーバーロードインジケーター”のついている遅延装置もある。

### そして

音響コンサルタントやディーラーや施工業者にとってデジタル遅延装置のマーケットは拡大しつつある。遅延装置を必要とする既存の施設も数多くある。あるケースでは予算面から導入が見送られ、またあるケースでは導入されたものの時間の経過と共に信頼性に問題が生じつつある。コンピューターテクノロジーの進歩と共に、デジタル遅延装置のコストも下がっているのので、この古い遅延装置を入れ換えるという市場も大きく拡大するであろう。この様にデジタル遅延装置は、タイムディレイの恩恵をディーラー、ユーザー双方にもたらしている。

## 参考文献

- 1) *Sound System Engineering* by Don and Carolyn Davis; published by Howard W. Sams Co.
- 2) *Technical Letter #235* by Mark E. Engebretson; published by Altec Lansing
- 3) *Training Manual #5 "Indoor Reinforcement Systems"*; published by Altec Lansing
- 4) Articles by Christopher Moore in the June, 1977 issue of *Re/p*
- 5) *Time Delay Spectrometry Investigation of Regenerative Sound Systems* by Cecil Cable; preprint #1237 of the Audio Engineering Society's 57th Convention in May, 1977
- 6) *Application Note AN-2* by David Klepper of KMK Associates; published by Lexicon